Aus dem Schweizerischen Forschungsinstitut für Hochgebirgsklima
und Tuberkulose in Davos (Prof. *W. Berblinger*) und dem
Physikalisch-Meteorologischen Observatorium Davos (Dr. *W. Mörikofer*)

Thrombose und Lungenembolie in ihren Beziehungen zu Witterungsvorgängen für die Höhenlage von Davos (1550 m ü. M.)

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Würde eines Doctor medicinae
der Universität Bern

Vorgelegt von
WILLY STÄHLI
von Schüpfen (Kt. Bern)

Bern 1942
Druck von Benno Schwabe & Co.
Basel

Aus dem Schweizerischen Forschungsinstitut für Hochgebirgsklima
und Tuberkulose in Davos (Prof. *W. Berblinger*) und dem
Physikalisch-Meteorologischen Observatorium Davos (Dr. *W. Mörikofer*)

Thrombose und Lungenembolie in ihren Beziehungen zu Witterungsvorgängen für die Höhenlage von Davos (1550 m ü. M.)

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Würde eines Doctor medicinae
der Universität Bern

Vorgelegt von
WILLY STÄHLI
von Schüpfen (Kt. Bern)

Bern 1942
Druck von Benno Schwabe & Co.
Basel

Auf Antrag des Herrn Prof. Dr. W. Frey von der medizinischen Fakultät zum Druck als Dissertation genehmigt.

Bern, den 3. Juni 1942.

Der Dekan der medizinischen Fakultät:
Prof. Dr. A. von Muralt.

Sonderabdruck
aus der Schweizerischen Medizinischen Wochenschrift
72. Jahrgang 1942, Nr. 48, Seite 1321

Zu den Einflüssen der Umwelt, die auf den menschlichen Organismus einwirken, müssen wir, auch nach rein theoretischen Erwägungen, diejenigen der Atmosphäre, das „Wetter", zählen. Obschon jedoch dem Laien „Wetterschmerzen" Rheumakranker oder bei Leuten mit Operationsnarben, mit schlecht geheilten Amputationsstümpfen oder Pleuraadhäsionen etwas Bekanntes sind, hat es doch lange gedauert, bis es der wissenschaftlichen Forschung gelungen ist, die recht verwickelten Beziehungen Organismus-Wetter etwas genauer zu erfassen und in statistischen Arbeiten, die vorwiegend auf Beobachtungen am Krankenbett oder am Sektionstisch fußen, gewisse Gesetzmäßigkeiten zu erkennen. Denn es fehlte weit weniger an der ärztlichen Einsicht, daß bestimmte Krankheiten in ihrem Auftreten und ihrem Verlauf vom Wetter abhängig sind, als vielmehr an der Möglichkeit, eine Wetterlage oder einen atmosphärischen Zustand als eindeutig verwertbar zu erfassen, und zwar als meteorische Gesamtkonstellation oder als dynamischen Vorgang. Während man sich meist mit der Feststellung einzelner meßbarer meteorologischer Elemente zur Beurteilung des Wetters begnügte, hat *Linke* zuerst, als diesen einzelnen Elementen und Schwankungen übergeordnet, die Aenderung der Luftmasse, des Luftkörpers erkannt. Nach ihm sagt die übliche Mittel- und Summenbildung von Klimaelementen nicht viel aus, weil daraus nicht hervorgeht, wie diese Werte entstanden sind. Ein viel exakteres und brauchbareres Bild erhält man durch das Erfassen des Gesamtkomplexes der Witterungs-

erscheinungen, „so wie er einer Luftmasse bestimmter Herkunft, dem Luftkörper zugehört" (*Dinies*).

In zahlreichen Arbeiten ist für das Klima in Meereshöhe und im Tiefland sowie Mittelgebirge die Abhängigkeit der Entstehung foudroyanter Lungenembolien vom Wetter bzw. der Gesamtwetterlage zu beweisen angestrebt worden. Für das Hochgebirgsklima, speziell dasjenige von Davos, waren derartige Untersuchungen bisher nicht angestellt worden. Prof. *Berblinger* veranlaßte mich daher, an Hand seiner Obduktionsbeobachtungen in Graubünden, besonders in Davos, den Einfluß der Witterung auf das Auftreten tödlicher Lungenembolien zu verfolgen in Zusammenarbeit mit dem Physikalisch-Meteorologischen Observatorium in Davos. Die Zahl der verfügbaren Fälle ist zwar klein im Verhältnis zu anderen vorliegenden Mitteilungen, bietet jedoch den Vorteil einer einheitlichen Beurteilung, so daß das Ergebnis im Vergleich mit jenen an Bedeutung gewinnt. Es ist angebracht, auf die wichtigsten Arbeiten über die Frage „Lungenembolie und Wetter" zunächst kurz einzugehen.

Bisherige Untersuchungen über Embolie und Wetter

Vorgängig seien ganz kurz einige vorkommende meteorologische Begriffe erklärt, genauer wird darauf noch weiter unten eingegangen werden: Die heutige Meteorologie unterscheidet im Wesentlichen 4 Hauptluftkörper, die nach ihren Ursprungsgebieten benannt werden: Polarluft, Tropikluft, maritime und kontinentale Luft. Grenzen verschiedener Luftkörper stellen die Fronten dar, und zwar werden diese nach der nachrückenden neuen Luft, die wärmer oder kälter als die vorherige sein kann, Warm- bzw. Kaltfront benannt. Unter Okklusion versteht man eine vom Erdboden abgehobene Warmluftmasse.

Helly hat bereits im Jahre 1920 darauf hingewiesen, daß am Obduktionsmaterial von St. Gallen regelmäßig ein Hinaufgehen der Mortalitätsziffer bei südlichen Luftströmungen zu beobachten sei, ohne aber näher auf einschlägige Fragen einzugehen. Auch vielen anderen Pathologen war es aufgefallen, daß die Zahl der Sektionsfälle mit den Befunden von Lungenembolie, Apoplexie, Ulkusperforation an Magen und Duodenum usw. ganz besonders nach Witterungsumschlägen stark anstieg und an bestimmten Tagen gehäuft beobachtet werden konnte. Im Föhntal Glarus fand *Fritzsche* im Jahre 1930, daß Lungenembolien vorwiegend bei Witterungswechsel, bei „kämpfendem Wetter" und öfters bei Föhneinfluß auftreten. Von den klinisch beobachteten Emboliefällen traten 77% bei stark bewegter Barometerkurve auf. *Fritzsche* stellte seine Untersuchungen nach der früher üblichen Methode der Beobachtung einzelner meteorologischer Elemente (Luftdruck, relative Feuchtigkeit, Winde und Niederschläge) an. Für Freiburg i. Br. bestätigte *Killian* die Angaben Fritzsches, daß der Großteil der nach Operationen auftretenden Lungenembolien bei Föhn oder föhnähnlichem Wetter auftrete.

Das Verdienst, nicht nur die einzelnen Wetterelemente zum Ausbruch und Ablauf bestimmter Krankheiten in Beziehung zu bringen,

sondern mit Hilfe der Linkeschen Luftkörperanschauung Relationen zu biologischen und pathologischen Vorgängen zu erkennen und besonders deren Ueberzufälligkeit nachzuweisen, gebührt unbedingt *de Rudder*. Er hat auch verschiedene Methoden für die Untersuchung der Frage „Wetter und Krankheit" ausgearbeitet. Auf Wettereinflüsse reagieren im allgemeinen nur empfängliche, „resonanzfähige" Individuen, und nur bei ihnen kommt es zur krankhaften Reaktion. Wirksam sind besonders die Fronten, die „Unstetigkeitsflächen" zwischen verschiedenen Luftkörpern. Unter 10,000 Sektionsfällen des pathologischen Instituts der Universität München fand *Stengel* 659 pathologisch-anatomisch sichergestellte Lungenembolien und Lungeninfarkte sowie 472 Apoplexien. Er stellte fest, daß Embolien sehr häufig bei Föhnlage (45%) und bei Warmfronten auftreten, seltener schienen sie durch Kaltfronten ausgelöst zu werden. Bei der Betrachtung jedes Witterungsfaktors allein konnte keine Korrelation zwischen den Embolie- bzw. Apoplexiefällen und Wetter nachgewiesen werden. *Storm van Leeuwen* mit seinen Mitarbeitern fand für Innsbruck eine Häufung von Todesfällen an Föhntagen, ohne aber näher auf die Art dieser Todesfälle einzugehen. Tuberkulöse, Herzkranke und Asthmatiker sollen an solchen Tagen mehr leiden, ferner seien apoplektische Insulte häufiger. Da Trennungsflächen zwischen verschiedenen Luftkörpern häufig schwer zu erkennen sind, haben *Domrich* und *Wagemann* versucht, das Problem Wetter-Krankheit auf rein statistischem Wege nur unter Berücksichtigung der einzelnen Wetterelemente zu erfassen, wobei festgestellt wurde, daß bei dieser Betrachtungsweise ein Einfluß des Wetters auf die Auslösung von Embolien nicht deutlich zu erkennen war. Trennungsflächen zwischen verschiedenen Luftkörpern kommen nach diesen Autoren für Embolien in Berlin als Auslösungsursache nicht in Betracht. Immerhin wurde festgestellt, daß der Durchgang von Fronten zeitlich meist nicht mit den Embolien, sondern mit dem Vortage zusammenfällt. Ferner spricht das Auftreten von Embolieperioden und die überdurchschnittliche Häufung von Embolien in dem Beobachtungsmaterial eindeutig für einen Meteorotropismus der Lungenembolie, und es muß deshalb doch ein Zusammenhang zwischen Embolie und Wetter angenommen werden. Den Einfluß des Wetters auf das Auftreten von Embolien bejaht *Scheidter* (München) und findet, daß diese vor allem bei Warmfronten, also bei atmosphärischen Unstetigkeitsschichten eintreten. Bei den durch hohen Luftdruck beeinflußten Krankheitsfällen überwiegt die Wirkung des kontinentalen Hochdruckgebietes gegenüber Aequatorialfronten. Jahreszeitliche Häufungen wurden nicht beobachtet. *Rappert* (Wien) stellt kausal bei der tödlichen Lungenembolie eine besondere Beteiligung der Warmfronten, weniger der Kaltfronten fest und beobachtet Häufungen, sog. Gruppenbildung der postoperativen Komplikationen an bestimmten Tagen. In einer 24 Fälle umfassenden Statistik von pathologisch-anatomisch festgestellten postoperativen bzw. posttraumatischen Lungenembolien findet *Bärtschi* für Bern, daß der embolische Insult nur an Tagen mit maritimen Luftkörpern oder an solchen mit indifferenter oder Mischluft auftritt, dagegen nie an Tagen mit kontinentaler Luft; ebenso sind Emboliefälle im Anschluß an Operationen, die bei Kontinentalluft ausgeführt wurden, eine Seltenheit. Demgegenüber konstatiert *Maurer* (München) ein erhebliches Vorherrschen kontinentaler Luftkörper an Embolietagen, während maritime Luftkörper und besonders indifferente und Mischluft sowie Föhn stark im Hintergrund bleiben. Vermutlich sind diese beiden entgegengesetzten Feststellungen durch die geographisch verschiedene Lage der Beobachtungsorte bedingt. Nach *Kayser* antworten zwar wetterempfindliche Kranke nach allgemeiner klinischer Erfahrung

auf jeden Witterungswechsel mit einer krankhaften Reaktion, sie „stolpern über die Fronten"; doch weist er in Uebereinstimmung mit Scheidter und Rappert an 253 Sektionsfällen von Thrombosen, fulminanten Embolien und Apoplexien für Kiel nach, daß diese Todesursachen häufiger im Zusammenhang mit Warmfronten als mit Kaltfronten auftreten. Saisonbedingte Schwankungen konnten nicht beobachtet werden. Zu ähnlichen Ergebnissen kommt *Scholl* (Freiburg i. Br.). Er sah von 231 tödlichen Embolien 190 (= 82%) an Tagen auftreten, an denen ein Frontdurchgang registriert wurde; davon fallen 91 Embolien auf Tage mit Warmlufteinbrüchen, 65 auf Tage mit Kaltlufteinbrüchen und 35 auf Tage, an denen eine okkludierte Front über den Beobachtungsort dahinzog. *Raettig* und *Nehls* haben in einer sehr umfangreichen, sorgfältigen und kritischen Arbeit aus 138,351 Krankengeschichten von Greifswald und Stettin 489 klinisch oder autoptisch diagnostizierte Lungenembolien herausgegriffen und bei genauer Beobachtung der Ueberzufälligkeit (Verhältnis der Emboliehäufigkeit zur Gesamthäufigkeit der Wettertypen) festgestellt, daß die Embolien eine besondere Neigung zeigen, an Tagen mit Frontdurchgängen aufzutreten, und zwar häufiger bei Kaltfronten als bei Warmfronten. Außerdem wurde gefunden, daß Lungenembolien besonders während oder in unmittelbarer Nähe eines Gewitters auftreten. Eine Einwirkung des Wetters, das am Operationstag oder während der Geburt herrscht, auf die später eintretende Lungenembolie wird abgelehnt. Schließlich fanden *Stumpfegger* und *Sydow* bei 44 postoperativen klinisch festgestellten Embolien in Hohenlychen eine Häufung sowohl bei Frontdurchgängen wie auch bei stationären Hochdruckgebieten. Ungefähr die Hälfte der Fälle koinzidiert mit Frontdurchgängen, die andere Hälfte mit stationären Hochdrucklagen ohne erkennbare Fronten. Ferner sahen die Genannten ein häufiges Zusammentreffen extremer Tagesanomalien des Dampfdruckes mit dem Zeitpunkt der Embolie.

Die überwiegende Mehrzahl der Autoren kommt also zu dem Ergebnis, daß der *Eintritt der Lungenembolie oder zum mindesten die Bereitschaft hierzu bei disponierten Individuen wetterbedingt sein muß*. Es sind bestimmte Luftkörperwechsel oder gewisse Wetterlagen ursächlich daran beteiligt. Die meisten Untersucher finden, daß Warmfronten und Warmlufteinbrüche sowie Föhn eine besondere Wirksamkeit zeigen; dagegen konstatieren einige eine vorwiegende Beteiligung maritimer Kaltluft (*Raettig* und *Nehls* u. a.). Fast durchwegs wird jedoch der Luft maritimen Ursprungs, nur vereinzelt kontinentaler Luft (*Maurer*), besondere Wirksamkeit zugesprochen. Vereinzelte Autoren finden stabile Hochdrucklagen mit gealterter indifferenter Luft (*Stumpfegger* und *Sydow*), außerdem (*Raettig* und *Nehls*) auch Gewitter, die evtl. als Kaltfrontgewitter aufzufassen sind, beteiligt. Wenige Autoren schreiben dem Embolievortag, evtl. auch dem Operationstag einen bestimmten Einfluß auf das meteorotrope Krankheitsgeschehen zu (*Bärtschi*, *Domrich* und *Wagemann*, *Fritzsche*), andere hingegen behaupten, daß diese mit dem Embolieereignis nicht in ursächlichem Zusammenhang stehen können (*Raettig* und *Nehls*). Die Lungenembolie soll nach einigen Statistiken eine jahreszeitliche Häufung aufweisen. *De Quervain* kommt in seinem Referat über Thrombose und Embolie zum Schluß, daß die Jahreszeit keinen sichern Einfluß auf die Häufigkeit dieser Erkrankung ausübe, obschon in der Schweizerischen Sammelstatistik Februar, März und Oktober das Maximum an Embolien aufweisen. Gleichzeitig seien nämlich auch die Operationsziffern am größten gewesen. *Killian* stellte dagegen eine Häufung im Juli, August und Oktober, „in der Zeit der größten Hitze und der warmen Südwestwinde", fest. Keinen jahreszeitlichen Einfluß nehmen *Scheidter* und *Stengel* an.

Die an Thrombose erkrankten Menschen bekommen unabhängig vom Wetter ihre Lungenembolien; einzig die Gruppe der Wetterempfindlichen spricht auf meteorologische Reize an. Den therapeutischen Schlußfolgerungen fehlt leider noch jegliche Sicherheit, da wetterfühlige Menschen, die *Petersen* als „kosmische Resonatoren" bezeichnet — wahrscheinlich gehören sie in unserem Falle zum *Rehnschen* Embolietypus —, noch nicht eindeutig und mit einiger Sicherheit erkannt werden können.

Einen empfindlichen Indikator, wetterfühlige Individuen ausfindig zu machen und daran die Probleme der Wetterfühligkeit zu untersuchen, erblicken *Mörikofer* und *Stahel* im sog. Leukozytensturz nach *E. F. Müller*, der nach einer intrakutanen Injektion von 0,3 ccm Aolan ein Abfallen der Leukozytenzahl nach etwa 20 Minuten um ⅓ bis ½ gegenüber der vorher ermittelten Zahl feststellte. Bei dem beobachteten Phänomen handelt es sich nach Müller um einen reflektorischen Vorgang. Stahel glaubt, daß es sich bei diesem Leukozytensturz um den Ausdruck des vegetativen Tonus des Körpers handle, da gewisse das vegetative Nervensystem beeinflussende Pharmaka, wie Adrenalin, Atropin, Pilokarpin, den Leukozytensturz entweder abschwächen oder verstärken, und daß deshalb die Einflüsse meteorologischer Vorgänge auf das vegetative Nervensystem direkt beobachtbar werden. Es wird wohl allgemein angenommen, daß man sich die Wettereinflüsse über das vegetative Nervensystem wirkend vorstellen muß. Dabei sollen vorwiegend vegetativ Stigmatisierte und Leute mit sensibilisiertem vegetativem Nervensystem, wie Tuberkulöse (*Schuberth* und *Gruner*), wetterfühlig sein. Den Einfluß auf das vegetative Nervensystem hat früher auch *Petersen* durch objektiv feststellbare Tonusschwankungen nachzuweisen versucht. Bei Wetterumbildungen in der Atmosphäre soll durch elektrische Vorgänge im Körper „Wetterfühliger" das Azetylcholin vermehrt werden, woraus sich das Ueberwiegen des Vagustonus solcher Individuen erklären dürfte (*Friedländer*). Dagegen nimmt *Flach* an, daß die genannten Wirkungen durch luftelektrische Veränderungen sowie durch solche des Wasserdampfgehaltes der Luft entstehen, und zwar würden sie dann auftreten, wenn Luftmassen in der Atmosphäre zum Absinken kommen. Dieses Absinken von Luft erfolgt besonders in Hochdrucklagen. Diese Behauptung ist aber noch recht wenig gestützt. Andere Autoren (z. B. *Bettmann*) haben Veränderungen des Schleimhautkapillarbildes der Unterlippe bei Gewittersituationen beschrieben, die sicherlich primär auch über das vegetative Nervensystem erfolgen. *Henkel* erblickt den eigentlichen Angriffsort der Föhnwirkung im Hypophysen-Zwischenhirn-System, da er an allerdings nur 2 Fällen Beeinflussungen des Wasserhaushaltes im Körper gefunden hat; dabei denkt er an hormonale Beeinflussung des Bindegewebes. Dagegen hält *Pfanner* bei der Föhnwirkung die Verschiebung im Säure-Basen-Gleichgewicht für ausschlaggebend, da durch auftretende elektromagnetische Veränderungen der Atmosphäre eine Azidose entstehen soll. Obschon die überwiegende Mehrheit der Beobachter eine Beeinflussung des vegetativen Nervensystems durch das Wetter annimmt, fehlt die Möglichkeit einer Vorstellung über diesen Kausalzusammenhang noch völlig; jedenfalls darf dieser nicht rein physikalisch aufgefaßt werden.

Eigene Untersuchungen

Im Schweizerischen Forschungsinstitut in Davos wurden die Jahrgänge 1934 bis 1941 der Sektionsprotokolle aller Leichen über

18 Jahre nach festgestellten spontanen Fernthrombosen durchgesehen. Fälle von Thrombophlebitis sowie arterielle Thrombosen wurden ausgeschieden. Es wurden nur Fälle mit einwandfreier, pathologisch-anatomisch gesicherter und mikroskopisch bestätigter Thrombose berücksichtigt. In einigen Fällen konnte nur die fulminante Lungenembolie diagnostiziert werden, während das Ausgangsgebiet der Thrombose, die also offenbar als Ganzes zum Embolus geworden, nur vermutungsweise anzunehmen war, was aber für die Frage der *Auslösung* der Embolie ohne Belang sein dürfte. Nachstehend eine summarische Zusammenstellung der gefundenen Resultate:

Tabelle 1

Zusammenstellung der Sektionen, Thrombosen und Embolien

Jahr	Anzahl Sektionen	Thrombosen				Embolien	
		Hohlvenengebiet oberes	Hohlvenengebiet unteres	rechtes Herz	total Fälle	tödliche	nichttödliche
1934	26	—	2	—	2	—	1
1935	52	—	5	1	6	2	3
1936	52	—	4 (1)	1 (1)	4	3	2
1937	60	—	6	1	7	4	2
1938	79	2	20 (1)	1 (1)	22	4	11
1939	76	1 (1)	10 (2)	3 (2)	12	1	10
1940	102	1 (1)	14 (1)	4 (1)	17	6	9
1941	91	2 (1)	17 (3)	2 (2)	19	6	8
Total	538	6 (3)	78 (8)	13 (7)	89	26	46

Die eingeklammerten Ziffern beziehen sich auf den in der Zahl enthaltenen Anteil von Kombinationsthrombosen.

Bei 89 festgestellten Thrombosen (= 16,5% der Sektionsfälle) war also, einschließlich der oben erwähnten Fälle, wo die primäre Thrombose nicht gefunden wurde, in 26 Fällen eine foudroyante Lungenembolie (= 29%) die Todesursache. Die nichttödlichen Embolien machen 58% aus. Auf die Gesamtzahl unserer Erwachsenensektionen berechnet, starben 5% an massiver Lungenembolie. Darunter waren 16 Männer und 10 Frauen; doch besagt dieses Verhältnis nichts, da bedeutend mehr männliche Leichen obduziert wurden als weibliche. In 9 der 26 Fälle wurde als Grundkrankheit eine floride Lungen- oder Knochentuberkulose gefunden. *Berblinger* fand die Fernthrombose bei Tuberkulösen ungefähr in der gleichen Häufigkeit wie bei Nichttuberkulösen. Bei den übrigen Fällen handelt es sich vorwiegend um Fernthrombosen nach Frakturen und Operationen. Um eine etwaige saisonbedingte Häufung der Fälle zu erkennen, die nach einigen Autoren als wahrscheinlich angenommen, von anderen

jedoch verneint wird, haben wir sämtliche Beobachtungen nach Monaten geordnet:

Tabelle 2

Monatliche Verteilung der Sektionen, Embolien und Thrombosen

Monat	Anzahl Sektionen	Embolien				Thrombosen	
		tödliche	%	nicht-tödliche	%		%
Januar . .	41	1	2	1	2	4	10
Februar . .	45	4	9	5	11	10	22
März . . .	49	3	6	3	6	5	10
April . . .	40	2	5	3	8	8	20
Mai	39	2	5	2	5	4	10
Juni. . . .	42	1	2	7	19	9	21
Juli	41	3	7	3	7	10	24
August . .	48	3	6	5	10	10	21
September .	34	1	3	4	12	6	18
Oktober . .	51	3	6	2	4	6	12
November .	50	2	4	4	8	6	12
Dezember .	58	1	2	7	12	11	19

Darnach ergibt sich bei den tödlichen Embolien, wie bei den Thrombosen überhaupt, ein gewisses Maximum im Monat Februar sowie ein leichter Anstieg in den Monaten Juli und August. Ein eindeutiger Einfluß der Jahreszeit ist jedoch nur schwach erkennbar. Nichttödliche Embolien sind in unserer Statistik, die bei dem kleinen Material keinen Anspruch auf Allgemeingültigkeit erhebt, auffallend häufig zu Zeiten, wo keine Embolietodesfälle eingetreten sind. Der von vielen Autoren angegebene Anstieg der Todesfälle im allgemeinen während der Uebergangszeiten Frühling und Herbst muß andere, nicht durch Embolien oder Thrombosen bedingte und deshalb hier nicht zu erörternde Ursachen haben. In unserem Beobachtungsmaterial sind allerdings die Sektionszahlen ziemlich ausgeglichen. Bemerkenswert ist der verhältnismäßig geringe Anteil an Embolietodesfällen in den Monaten Dezember und Januar. Bei der Berücksichtigung des Alters findet man folgende Verhältnisse:

Tabelle 3

Altersverteilung der Sezierten, der Embolien und Thrombosen

Alter	Anzahl Sektionen	Embolien				Thrombosen	
		tödliche	%	nichttödliche	%		%
18—30	158	6	4	8	5	24	15
31—40	123	7	6	7	6	12	10
41—50	85	4	5	7	8	15	18
51—60	95	2	2	9	10	12	13
61—70	51	4	8	9	18	15	29
71 u. mehr	26	3	12	6	23	11	42

Uebereinstimmend mit allen Statistiken findet sich in unserem Material eine Zunahme sowohl der Thrombosen als auch der Embolien mit höherem Alter. Auffallend in unserer Tabelle ist einzig der Wert von 2% tödlichen Embolien im sechsten Dezennium.

Die meteorologische Verarbeitung stützt sich auf die Aufzeichnungen des Physikalisch-Meteorologischen Observatoriums Davos und auf die synoptischen Wetterkarten der meteorologischen Zentralinstitute von Zürich und München sowie teilweise auf aerologische Aufstiege in Süddeutschland. An Hand dieser Unterlagen wurde nun für die einzelnen 26 Tage, an denen eine foudroyante Embolie aufgetreten war, nachträglich die Wetterlage untersucht, und zwar wurde der am betreffenden Tage sowie am Vor- und Nachtage über dem Hochtal von Davos lagernde Luftkörper bzw. der Luftkörperwechsel bestimmt. Außerdem wurde in einer vergleichenden Paralleluntersuchung das Verhalten von drei wichtigen meteorologischen Elementen, Luftdruck, Lufttemperatur und Dampfdruck, geprüft und deren Abweichungen von den aus langjährigen Aufzeichnungen erhaltenen Mittelwerten berechnet. Diese Betrachtungsweise kann als Gegenstück zur heute im Vordergrund stehenden Luftkörpertheorie zum Studium eines allfälligen klimatischen Faktors unter Berücksichtigung der Höhenlage von Davos (1550 m ü. M.) von Interesse sein. Das Klima der abgeschlossenen Hochtäler zeichnet sich durch eine besondere Stabilität aus, so daß Abweichungen von der Norm eine viel größere Bedeutung zuzuerkennen ist als in Gegenden, wo die Witterung häufigeren und stärkeren Wechseln unterworfen ist. Aus diesem Grunde glaubten wir, daß auch eine allfällige, jahreszeitliche Abhängigkeit deutlicher zum Ausdruck kommen müßte als bei der Luftkörperbestimmung.

Die Normalwerte, d. h. die langjährigen Mittelwerte, die das Klima eines Beobachtungsortes charakterisieren, wurden Tabellen entnommen, denen Aufzeichnungen aus je drei täglichen Ablesungen zugrundeliegen, für den Luftdruck während 60 Jahren, für die Temperatur während 40 Jahren und für den Dampfdruck während 50 Jahren. Außerdem wurde beim Luftdruck die Aenderung vom Vortag zum Embolietag untersucht.

Irgendwelche bemerkenswerte Verhältnisse beim Vergleich der meteorologischen Elemente mit den Embolietodestagen finden wir nur beim Betrachten der vermittelst eines Dampfdruckschreibers fortlaufend aufgezeichneten Dampfdruckkurven. Hier fällt sehr oft für den Embolietag oder gar zumeist für die Todesstunde eine starke Aenderung in der Kurve auf, indem diese einen raschen Anstieg oder einen jähen Abfall aufweist zu auffälligen Tagesextremwerten. Das Verhalten des Dampfdruckes gewährt

einen wichtigen Einblick in die Thermodynamik der Atmosphäre. — Das Hauptgewicht unserer meteorologischen Untersuchungen jedoch basiert auf der heutigen Luftkörperanschauung.

Die Eigenschaften eines Luftkörpers sind bestimmt durch seinen *Ursprung*, seinen bis zum Beobachtungsort zurückgelegten *Weg* und durch die *Einflüsse*, die er möglicherweise unterwegs oder am Beobachtungsort aufgenommen hat; zur Bestimmung von Luftkörpern müssen deshalb ihre Herkunft und ihre Eigenschaften am Beobachtungsort möglichst genau bekannt sein, so daß diese mit dem für Jahres- und Tageszeit normalen Verhalten der einzelnen Elemente in Vergleich gesetzt werden können. Wir unterscheiden in erster Linie einerseits kalte (polare) und warme (tropische), anderseits feuchte (maritime) und trockene (kontinentale) Luftmassen sowie die Kombination dieser Eigenschaften.

In der Regel sind die Luftmassen verschiedener Herkunft durch ziemlich scharf gekennzeichnete Diskontinuitätsflächen voneinander getrennt, doch sind innerhalb dieser Grenzen im allgemeinen mehr oder weniger starke Uebergänge bei den einzelnen Elementen zu beobachten. Der Vorbeizug solcher Unstetigkeitsflächen macht sich am Beobachtungsort im Durchzug sog. Fronten bemerkbar, mit denen im allgemeinen die großen Wetterstörungen und die starken Aenderungen der einzelnen Elemente verknüpft sind; auch die biologischen Wetterwirkungen scheinen vorwiegend mit den Fronten verbunden. Aus diesen Feststellungen heraus wird auch klar, warum das Wetter nicht durch einfache Größen charakterisiert werden kann. Das Wetter stellt einen Komplex von zahlreichen meteorologischen Elementen dar, die alle miteinander verknüpft und voneinander abhängig sind.

Betrachten wir zunächst nur den Gegensatz von Warmluftkörper und Kaltluftkörper. Die Zone, in der warme, leichtere Luft über Kaltluft aufgleitet, nennt man *Aufgleitfläche*, ihren Schnitt mit dem Boden *Warmfront*. Die Grenze, an der sich schwere Kaltluft unter die Warmluft schiebt, tritt als *Kaltfront* auf. Der Kaltlufteinbruch spielt sich meistens in heftigeren Vorgängen und in schnellerem Ablauf ab als der Durchzug einer Warmfront. In diesem Wechsel von Kalt- und Warmluftmassen kann es sogar vorkommen, daß die neue Kaltluft so stürmisch vorwärtsdringt, daß sie die frühere, der Warmluft vorausgehende Kaltluftmasse erreicht und so die ganze Warmluftmasse vom Boden abhebt. Auf diese Weise entsteht gleichfalls eine Art Front in der Höhe zwischen der am Boden fließenden Kaltluft und der abgehobenen Warmluft. Diese Luftmassenverteilung bezeichnet man als *Okklusion;* gerade in der Schweiz treten die vorbeiziehenden Warmluftkörper häufig in okkludierter, an den Temperaturänderungen am Boden also kaum erkennbarer Gestalt auf.

Tabelle 4

Schema zur Charakterisierung der Fronten
(In Anlehnung an *de Rudder*):
Zyklone (Depression)

	Warmfront (Vorderseite)	*Kaltfront* (Rückseite)
Temperatur	steigend	fallend
Luftdruck	fallend	steigend
Bewölkung	Schichtwolken (Stratus)	Haufenwolken (Kumulus, Gewitterwolken)
Niederschlag	Landregen (Aufgleitregen), Schneefall	Böenfront: Böenregen, Schauerregen, Schneeböen, Böengewitter.

Aenderung der meteorologischen Elemente beim Durchzug einer abgehobenen Warmluftmasse (*Okklusion*):

Vorderseite:	*Rückseite:*
Luftdruck fallend	steigend
Temperatur oberer Luftschichten steigend	fallend
Temp. am Erdboden unverändert oder fallend	unverändert oder steigend.

Warmfront und Kaltfront schließen das Tiefdruckgebiet (Depression, Zyklone) ein. Zwischen zwei Depressionen liegen häufig Hochdruckgebiete.

Neben der Unterscheidung der Luftmassen nach ihrer Herkunft aus höheren (kälteren) oder niedrigeren (wärmeren) Breiten ist ebenso wichtig zu wissen, ob sie aus dem westlichen oder dem östlichen Sektor stammen. Im ersten Falle haben sie maritimen Ursprung und sind vorwiegend feucht, im zweiten Falle sind sie kontinental und relativ trocken. Wir können somit nach ihrer Herkunft vier Hauptluftkörper unterscheiden: Polarluft (P), Tropikluft (T), maritime (M) und kontinentale (C) Luft sowie deren Kombinationen: Polar-maritime (PM), tropisch-maritime (TM), polarkontinentale (PC) und tropisch-kontinentale (TC) Luftkörper; gleichbedeutend mit diesen Begriffen werden in der vorliegenden Arbeit die Ausdrücke maritime bzw. kontinentale Kalt- bzw. Warmluft verwendet.

Tabelle 5

Eigenschaften der vier Hauptluftkörper (nach *Linke*)

	Polar (P)	Tropik (T)	Maritim (M)	Kontinental (C)
Temperatur . .	kalt	warm	Winter warm	Winter kalt
Feuchtigkeit. .	trocken	feucht	Sommer kühl feucht	Sommer warm trocken
Trübung . . .	durchsichtig	stark opak	durchsichtig	opak
Strahlungs-durchlässigkeit.	groß	gering	gering	groß
Elektr. Spannungsgefälle . .	niedrig	höher	niedrig	höher

Neben diesen eindeutig gekennzeichneten Luftmassen treten alle möglichen Uebergangsformen auf; die wichtigsten davon sind die *Mischluft* (X), die in den Grenzgebieten zwischen verschiedenen Luftkörpern entsteht, und die *indifferente Luft* (J), die schon längere Zeit über dem Kontinent liegt und dabei die dem Klima und der Jahreszeit entsprechenden Aenderungen ihrer ursprünglichen Eigenschaften erfahren hat. Solche „gealterte" Luftmassen, deren Kennzeichnung häufig nicht leicht ist, treten in unserer Region oft auf.

Für die Analyse der Wetterlagen bei unserer Untersuchung kommt heute als sehr erschwerender Faktor hinzu, daß uns seit Kriegsbeginn nur noch ganz rudimentäre Wetterkarten zur Einsicht vorliegen, so daß die Herkunft eines Luftkörpers nicht in allen Fällen mit Bestimmtheit zu ermitteln war; doch dürfte dies für die Untersuchung der prinzipiellen Frage, ob auch im Hochtal von Davos Embolien durch bestimmte Witterungskonstellationen ausgelöst werden können, weniger von Belang sein. Aus diesen und anderen Gründen war es nicht möglich, für die vorliegende Untersuchung eine Analyse der Luftmassen für jeden einzelnen Tag der Untersuchungsperiode durchzuführen; sondern die Luftmassen konnten nur für die Embolietage und ihre Vor- und Nachtage bestimmt werden. Dadurch fällt die Möglichkeit dahin, die Häufigkeit der einzelnen Luftmassen an Embolietagen mit der normalen Häufigkeit der verschiedenen Luftkörper in Davos in Beziehung zu bringen und auf diese Weise statistisch einwandfrei zu prüfen, ob das Zusammentreffen von Embolien mit bestimmten Wetterlagen überdurchschnittlich ist oder dem Gesetze des Zufalls bzw. der Wahrscheinlichkeit folgt.

Bei der Analyse der Embolietodestage unseres Untersuchungsmaterials ergaben sich folgende meteorologische Situationen (Tabelle 6).

Fassen wir die Resultate der vorangehenden meteorologischen Uebersichtstabelle zusammen, so finden wir am Embolietage (oder evtl. am Vortage) folgende Häufigkeiten für die Luftmassen:

a) *Homogene Luft* (*ohne* Diskontinuität in der *Vertikalen*):

Maritime Warmluft TM:	Gealtert . . .	3 Fälle
	Frontdurchgang	6 Fälle
Maritime Kaltluft PM:	Gealtert . . .	1 Fall
	Frontdurchgang	12 Fälle

b) *Geschichtete Luft* (*mit* Diskontinuität in der *Vertikalen*):

Maritime Warmluft TM / Maritime Kaltluft PM:	3 Fälle
Maritime Warmluft TM / Kontinentale Kaltluft PC:	1 Fall

Tabelle 6

Uebersicht der meteorologischen Untersuchungen der 26 Embolietodesfälle

Fall	Sterbedatum	Luftkörper	Bemerkungen
1	18. 2. 35, 0600	PM	Höchster Luftdruck des Monats, am 17. Frontdurchgang: PM.
2	31. 7. 35, 0300	PM	In der Nacht 29./30. Frontdurchgang: PM. Niedrigster Dampfdruck und niedrigste Temperatur des Monats.
3	18. 2. 36, 1700	T(M)	Starker Föhn, höchste Temperatur des Mon.
4	1. 4. 36, 1900	TM	Aufgleitbewölkung.
5	19. 4. 36, 0345	PM	Am 17. Kaltlufteinbruch, niedrigster Luftdruck und größte Niederschlagsmenge des Monats.
6	5. 3. 37, 0945	TM	Föhn, spät abends PM-Front.
7	10. 7. 37, 1015	PM	Staulage, leichte Frontdurchgänge: PM, Höhe: TM.
8	17. 8. 37, 1900	PM	Tiefste Temperatur des Monats. Höhe: TM.
9	2. 9. 37, 2215	J	Absinken in Antizyklone mit dynamischer Erwärmung. Hohe Temperatur.
10	30. 1. 38, 2330	PM	Stürmischer Kaltlufteinbruch: PM: 1600. Maximale Windgeschwindigkeit zwischen 2300 und 2400. Niedrigster Luftdruck, größte Niederschlagsmenge des Monats.
11	6. 6. 38, 1300	PM	Höhe: TM, am 5. Kaltfront: PM.
12	26. 11. 38, 1535	PM	Höhe: TM, tiefster Dampfdruck des Monats.
13	18. 12. 38, 0730	PC	Höhe: TM, zeitweise bis zum Boden herabkommend.
14	26. 10. 39, 0245	PM	Spät abends des 25. gestaffelte Kaltlufteinbrüche: PM.
15	28. 2. 40, 2000	TM	Tagsüber Föhn; 1800: Dampfdruckanstieg.
16	7. 3. 40, 0800	PM	Am 6. früh gestaffelte Kaltlufteinbrüche: PM.
17	23. 5. 40, 2200	PM	Am 22., 1700: Kaltlufteinbruch: PM.
18	23. 10. 40, 1300	J	Höhe: TM.
19	30. 10. 40, 0600	PM	Ev. mehrere Staffeln von PM: am 31. tiefster Dampfdruck und tiefste Temp. des Monats.
20	15. 11. 40, 1820	PM	Tagsüber: TM; 1800: Kaltlufteinbruch: PM.
21	3. 2. 41, 1800	PM	Tagsüber: TM; 1600: Kaltlufteinbruch: PM.
22	28. 3. 41, 1700	TM	Langsames Einfließen von TM; höchster Dampfdruck und höchste Temp. des Monats.
23	15. 5. 41, 0520	J	Gealterte Luft in Antizyklone, Höhe: TM; tags Warmfrontaufzug.
24	26. 7. 41, 2300	TM	1900: Durchzug einer Gewitterfront.
25	19. 8. 41, 0020	TM	In der Nacht vom 18./19. Aufzug einer Warmfront: TM, mit Dampfdruckanstieg.
26	25. 8. 41, 1600	PM	Am 25. Kaltfronteinbruch: PM; Höhe: TM.

Dabei beziehen sich die im Nenner stehenden Bezeichnungen auf die auf dem Erdboden lagernden Luftmassen, diejenigen im Zähler auf die Luftmassen in der Höhe. In einigen Fällen (1, 2,

5, 11, 16, 17) koinzidiert der Durchzug der Front nicht mit dem Zeitpunkt der Embolie, sondern hat sich bis zu 30 Stunden früher ereignet. Nach allgemein-biologischen Gesetzen müßte man annehmen, daß nach Einwirkung des „Witterungstraumas" eine gewisse Latenzzeit verstreichen muß bis zur organischen Reaktion (Ablösung des Embolus). Die Ungleichheit der Latenzzeit einzelner Individuen könnte als Ausdruck des Grades der Wetterfühligkeit gedeutet werden, jedoch natürlich nur, wenn bei allen Patienten die klinische Bereitschaft zur Embolie gleich groß wäre und wenn alle Fronten die gleiche Wirkung entfalten würden.

Greifen wir aus dieser Zusammenstellung die einzelnen beteiligten Luftkörper heraus, so ergeben sich folgende Resultate:

a) *Luftkörper am Erdboden:*

Warmluft T:	9 Fälle (= 35%)
Kaltluft P:	17 Fälle (= 65%)
feuchte Maritimluft M:	25 Fälle (= 96%)
trockene Kontinentalluft C:	1 Fall (= 4%)

b) 1. *Frontdurchgänge am Erdboden:*

TM:	6 Fälle (= 23%)
PM:	13 Fälle (= 50%)
Total Frontdurchgänge:	19 Fälle (= 73%)

2. *Fronten in der Höhe:*

$\frac{TM}{PM}$:	3 Fälle (= 12%)
$\frac{TM}{PC}$:	1 Fall (= 4%)
Total Fronten in der Höhe:	4 Fälle (= 15%)

3. *Gealterte Luft:* TM: 3 Fälle (= 12%)

Daraus ergibt sich ein *eindeutiges Ueberwiegen maritimer Luftkörper*, die mit 96% aller festgestellten Embolien zusammentreffen, während Kontinentalluft nur in 4% (= 1 Fall) vertreten ist; oder auf andere Weise betrachtet, koinzidieren 65% der Fälle mit kalter Polarluft und nur 35% mit warmer Tropikluft.

Uebereinstimmend mit der von den meisten Autoren im Flachlandklima gefundenen Frontwirkung auf die Auslösung der Lungenembolie, ergibt sich *in der Höhenlage von Davos eine noch häufigere Beteiligung von Unstetigkeitsflächen, indem wir finden, daß in 23 Fällen (88%) irgend eine Diskontinuitätsfläche erkennbar war;* davon war in 19 Fällen (73%) am Erdboden selbst und in 4 Fällen (15%) in der Höhe ein Zusammentreffen ungleicher Luftmassen zu konstatieren. Auch hier war die Häufigkeit der wirksamen Kaltfronten doppelt so groß als die der Warmfronten. Nur drei Fälle (12%) ereigneten sich in am Beobachtungsorte gealterter, absinkender Luft in Hochdruckgebieten.

Sehr eindeutig ergibt sich in unserem Material das Vorherrschen von maritimer Luft, und zwar vorwiegend Kaltluft, während Kontinentalluft nur in 4% (= 1 Fall) festgestellt wurde. Föhn ist in unserem Untersuchungsmaterial nur in 3 Fällen sichergestellt, doch mag dies in der Seltenheit richtigen Föhns im Davoser Tale seine Erklärung finden.

Aus dieser Feststellung der starken Beteiligung von Fronten am Boden oder in der Höhe bei der Auslösung von Embolien in der Davoser Gegend und aus dem Vergleich mit der allgemein geringeren Frontenhäufigkeit bei Embolien im Flachlande können wir folgern, daß sich *im Hochtale von Davos Witterungseinflüsse auf die Auslösung der Lungenembolie noch stärker bemerkbar machen als im Flachlande.* Diese Feststellung ist nicht leicht zu erklären; am ehesten dürfte zutreffen, daß im stabilen Klima von Davos, das im allgemeinen durch eine kleinere Häufigkeit und geringere Intensität der Frontdurchgänge und Wetterstürze (vgl. *Riedel*) gekennzeichnet ist, die durchziehenden Unstetigkeitsflächen besonders starke biologische Wirkungen entfalten. *Schuberth* und *Gruner* haben für die Wetterfühligkeit bei Tuberkulosekranken ebenfalls in Davos festgestellt, daß eine Wetterfront um so angreifender wirkt, je größer ihr zeitlicher Abstand von der vorhergehenden Front ist. Aehnliches haben *Raettig* und *Nehls* für die Auslösbarkeit der Lungenembolie beschrieben. Die Lungenembolie als solche ist allerdings in Davos nicht häufiger als andernorts.

Vielleicht ist die Erregbarkeit des vegetativen Nervensystems bei einem mit Thrombose behafteten wetterfühligen „Typus embolicus" nur so lange in „geordneten Bahnen" zu halten, als nicht irgend ein meteorologischer Vorgang dieses Gleichgewicht der Reflexe beeinflußt und es somit zum Ueberwiegen der einen oder andern Komponente (Sympathikus-Parasympathikus) kommt; dabei wäre aber vorausgesetzt, daß eine nicht durch mechanische Einflüsse erklärbare Embolie durch vegetative Störungen zur Auslösung kommt, was ziemlich allgemein angenommen, jedoch noch keineswegs einwandfrei bewiesen und heute nicht mit Sicherheit anzunehmen ist. Möglich wäre auch eine Beeinflussung des Thrombus selbst, wobei denkbar ist, daß durch hormonale oder elektrolytische Verschiebungen im Blut, die ihrerseits durch das vegetative Nervensystem bestimmt werden, Veränderungen im kolloidchemischen Aufbau des Blutpfropfes auftreten und es somit zur Ablösung eines Teils oder des ganzen Thrombus kommen kann.

Zusammenfassung. 1. In einer Uebersicht werden die bisher im Flachlandklima gefundenen Zusammenhänge zwischen Wetter und tödlicher Lungenembolie zusammengestellt.

2. Thrombose und Lungenembolie sind im Sektionsmaterial des Schweizerischen Forschungsinstitutes Davos (1550 m ü. M.) ungefähr gleich häufig wie im Flachlande.

3. An Hand von 26 durch Sektion gesicherten foudroyanten Lungenembolien werden die Zusammenhänge mit der Witterung im Hochtale von Davos untersucht.

4. Zur Erfassung eines allfälligen Klimafaktors wurde das Verhalten einzelner meteorologischer Elemente (Luftdruck, Lufttemperatur und Dampfdruck) für die Embolietage geprüft; bemerkenswerte Verhältnisse finden wir nur beim Dampfdruck, wo meistens auffällige Tagesextremwerte mit dem Zeitpunkt der Embolie koinzidieren.

5. Die Embolietodesfälle ereigneten sich in weitaus der größeren Mehrzahl in maritimer Kaltluft; Warmluft war nur in einem Drittel der Fälle beteiligt, währenddem trockene Kontinentalluft nur an einem einzigen Tag feststellbar war, obschon dieser Luftkörper fast häufiger als jeden vierten Tag über unserer Gegend lagert oder vorbeizieht. Fronten sind in 88% aller Fälle zu verzeichnen. *Im Hochgebirgsklima von Davos ist die tödliche Lungenembolie zwar ungefähr gleich häufig wie im Flachlande, doch zeigt sie einen ausgeprägteren Meteorotropismus als in niedrigeren Höhenlagen.*

Bärtschi: Schweiz. med. Wschr. **1936,** 1209. — *Berblinger:* Praxis, Schweiz. Rdsch. Med. **1940,** 26. — *Bettmann:* Münch. med. Wschr. **1930,** 2003. — *Dinies:* Luftkörper-Klimatologie, Inaug. Diss. Hamburg 1932. — *Domrich* und *Wagemann:* Dtsch. Z. Chir. **238,** 309. — *Flach:* Atmosphär. Geschehen und witterungsbedingter Rheumatismus. Verlag Theodor Steinkopff. Dresden 1938. — *Friedländer:* Wien. klin. Wschr. **1937,** 478. — *Fritzsche:* Schweiz. med. Wschr. **1930,** 889. — *Helly:* Schweiz. med. Wschr. **1920,** 108. — *Henkel:* Münch. med. Wschr. **1939,** 959. — *Kayser:* Virchows Arch. **302,** (1938). — *Killian:* Klin. Wschr. **1930,** 730. — *Linke:* Z. physik. u. diät. Ther. **37** (1929). — *Maurer:* Prakt. Chir. **1938,** 20. — *Mörikofer* und *Stahel:* Schweiz. med. Wschr. **1937,** 401. — *Petersen:* The Patient and the Weather, Chicago, Ann Arbor 1935/36. — *Pfanner:* Münch. med. Wschr. **1939,** 1190. — *de Quervain:* Schweiz. med. Wschr. **1925,** 497. — *Raettig* und *Nehls:* Z. klin. Med. **1940,** 138. — *Rappert:* Dtsch. Z. Chir. **244.** — *Rehn:* Münch. med. Wschr. **1935,** 1. — *Riedel:* Wiss. Abh. Reichsamt f. Wetterd. **1** (1936). — *de Rudder:* Grundriß einer Meteorobiologie des Menschen. Berlin 1938. — *Scheidter:* Dtsch. Z. Chir. **239.** — *Scholl:* Lungenarterienembolien und atmosphärisches Geschehen. Freiburg i. Br. 1938. — *Schuberth* und *Gruner:* Z. Tbk. **83** (1939). — *Stengel:* Münch. med. Wschr. **1932,** 1716. — *Storm van Leeuwen, Booy, van Niekerk* und *Petschacher:* Münch. med. Wschr. **1932.** — *Stumpfegger* und *Sydow:* Zbl. Chir. **1940.**